

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-114383

(P2003-114383A)

(43) 公開日 平成15年4月18日 (2003.4.18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームト\* (参考)

G 0 2 B 13/00

G 0 2 B 13/00

2 H 0 8 7

13/18

13/18

5 D 1 1 9

G 1 1 B 7/135

G 1 1 B 7/135

A 5 D 7 8 9

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-198000 (P2002-198000)

(71) 出願人 000004329

(22) 出願日 平成14年7月5日 (2002.7.5)

日本ビクター株式会社

(31) 優先権主張番号 特願2001-230652 (P2001-230652)

(72) 発明者 糸長 誠

(32) 優先日 平成13年7月30日 (2001.7.30)

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

地 日本ビクター株式会社内

(72) 発明者 伊藤 文彦

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番

地 日本ビクター株式会社内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外 8 名)

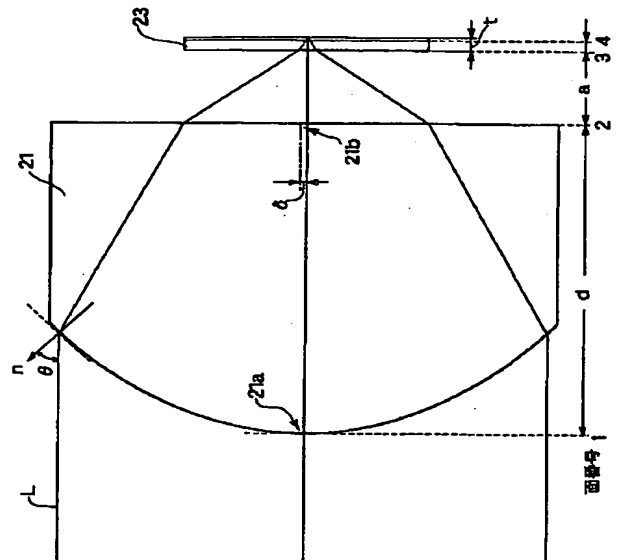
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ディスク用対物レンズ、光ピックアップ装置、光ディスク記録再生装置及び光ディスク再生装置

## (57) 【要約】

【課題】 開口数が0.78以上の単一レンズから成り、0.3mm以下の薄い再生透過層を有する光ディスクに対応でき、400nm程度の波長の光に対して、以下の特性(i)～(iv)を有する光ディスク用レンズを提供する。(i) レンズの両面間の偏芯公差が製造可能な範囲にある。(ii) 良好な軸上収差特性を有し、(iii) 軸外収差特性の劣化が少ない。(iv) 作動距離が広い(望ましくは0.3mm以上である)。

【解決手段】 この発明の対物レンズは、少なくとも、一つの面を非球面形状とした、開口数が0.78以上の単一レンズであって、以下の条件を満足することを特徴とする光ディスク用対物レンズである。(1)  $d/f > 1.2$ 、(2)  $0.65 < R1/f < 0.9$ 、(3)  $|R1/R2| < 0.6$ 。ここでfは当該レンズの焦点距離であり、dは当該レンズの中心厚さ、R1は、当該レンズの光源側の頂点における曲率半径、R2は当該レンズの光ディスク側の頂点における曲率半径である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、一つの面を非球面形状とした、開口数が0.78以上の単レンズであって、以下の条件を満足する光ディスク用対物レンズ。

- (1)  $d/f > 1.2$ 、
- (2)  $0.65 < R1/f < 0.95$ 、
- (3)  $|R1/R2| < 0.7$ 、
- (4)  $n > 1.65$ 。

ここでfは当該レンズの焦点距離であり、dは当該レンズの中心厚さ、R1は当該レンズの光源側の頂点における曲率半径、R2は当該レンズの光ディスク側の頂点における曲率半径、nは当該レンズの屈折率である。

【請求項2】 作動距離が0.3mm以上の請求項1のレンズ。

【請求項3】 ディスクの透過層の厚さが、0.3mm以下である請求項1又は2のレンズ。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかに記載のレンズと、レーザー光源と、フォトディテクタとを有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項5】 前記レンズは、前記レーザー光源から射出するレーザー光が照射されるべき光ディスクの径に応じて作動距離が次の関係を有する請求項4に記載の光ピックアップ装置。作動距離 $> 0.005 \times$ 光ディスク半径

【請求項6】 請求項4又は5に記載の光ピックアップ装置と、前記光ピックアップ装置を用いて光ディスクに情報を記録再生する記録再生手段とを有することを特徴とする光ディスク記録再生装置。

【請求項7】 請求項4又は5に記載の光ピックアップ装置と、前記光ピックアップ装置を用いて光ディスクに記録されている情報を再生する再生手段とを有することを特徴とする光ディスク再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は大容量の光ディスクを実現する高い開口数(NA)を有する対物レンズに並びにそのレンズを用いた光ピックアップ装置、光ディスク記録再生装置及び光ディスク再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来CDディスクは、開口数が0.45～0.5である対物レンズを用い、780nm程度の波長を有するレーザー光で読み取り又は書き込みされている。またDVDディスクは、開口数が0.6程度の対物レンズを用い、650nm程度の波長を有するレーザー光で読み取り又は書き込みが行われている。

【0003】 ところで、光ディスクの容量を上げるために、より短い波長のレーザー光とより高い開口数を有するレンズを使用する次世代光ディスク・ピックアップシステムの開発が進められている。

【0004】 そして、より短い波長を有するレーザーとし

ては、波長が約400nmのいわゆる青色レーザーが考えられている。

【0005】 前記高い開口数を有する対物レンズとしては、例えば以下のシステムが報告されている。

【0006】 (1) Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39 (2000) pp.978-979 M. Itonaga et al. "Optical Disk System Using a High-Numerical Aperture Single Objective Lens and a Blue LD".

【0007】 (2) Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39 (2000) pp.937-942 I. Ichimura et al. "Optical Disk Recording Using a GaN Blue-Violet Laser Diode".

【0008】 ここで(1)は、開口数がNA=0.7の単レンズを用いたシステムを報告し、(2)は、NA=0.85の2群レンズを用いたシステムを報告する。

【0009】 前記(2)の2群レンズを用いたシステムは、開口数は(1)に比べて大きいものの、組み立て工程が必要な上にレンズが2枚必要なことから、量産性に劣り且つコストも高くなる。

【0010】 そこで次世代システムとしては、開口数が0.7以上の単レンズによる光ディスク用対物レンズが望まれている。

【0011】 特開平4-163510には、開口数が0.6～0.8程度の単レンズを用いた対物レンズが記載されている。

【0012】 より詳細には、この文献によれば、波長が532nmより大きい波長に対して開口数が0.8程度の対物レンズを提供することができる。

【0013】 しかしこの文献の対物レンズでは、波長が400nm程度のレーザー光に対して実用上使用可能な特性を発揮することができない。またこの文献による対物レンズでは、次世代システムに適合した、薄いディスク再生透過層に対応することはできない。

【0014】 より詳細には、次世代システムでは、開口数を大きくしたことによる性能余裕度の低下を防ぎシステムとしての余裕度を上げるために、ディスクの厚さを0.3mm程度以下にすることが望まれている。ここで性能余裕度の低下とは、例えばディスクとピックアップとの間のチルトに対する余裕度の低下を意味する。しかし前記先行技術(特開平4-163510)においては、前記透過層は、1.2mm程度に設定されており、これ以下の厚さでは良好な性能を発揮することができない。

## 【0015】

【発明が解決しようとする課題】 一般的に、高い開口数あるいは大きい開口数を有する単レンズを実用化するための問題点は、(1)製造公差が厳しくなる点および(2)設計性能が悪くなる点である。

【0016】 ここで(1)製造公差は、両面非対称レンズにおける入射・出射面間の間隔公差あるいは、前記入出面間の幾何学的中心間の間隔公差(偏芯公差)あるい

は前記入射・射出面間の傾きの公差等を意味する。例えば偏芯公差は、偏芯がある場合の波面収差の増加量に基づいて定められる。しかしこれらの製造公差は、製造技術の改善と向上とで対応することは可能である。すなわち数 $\mu\text{m}$ ～数十 $\mu\text{m}$ 程度の範囲の公差を確保した製造をすることは可能である。

【0017】一方(2)設計性能の悪化とは、レンズ設計上の性能悪化のことであり、より詳細には、軸外光線に対する収差発生(以下、軸外収差と略称する)および複数の波長を有する軸上光線に対する各波長での最良の像面での球面収差(以下、最良像面色収差と略称する)を意味する。ここで軸上光線とはレンズの光軸に平行に入射する光線を意味し、軸外光線とはレンズの光軸に対して傾斜して入射する光線を意味する。すなわち、設計基準波長を有する軸上光線に対しては球面収差が発生しないように設計することが可能であるが、前記軸外収差及び最良像面色収差については、従来のCD用あるいはDVD用の対物レンズに比べて良い値を得ることが困難である。

【0018】前記軸外収差の問題は、より詳細には以下の通りである。

【0019】前記軸外収差は、前記製造公差を考慮せずに設計する場合においても一般的に従来より劣る。これは開口数が大きくなると光軸に対して大きな傾斜角を有する光線が入射するからである。

【0020】そして前記軸外収差は、製造公差を考慮すると更に悪くなる。より詳細には、以下の通りである。前記製造公差のうちで最も重要な公差は前記偏芯公差である。すなわち、レンズ面の間の偏芯は、モールドレンズの場合、上下の金型の取り付け精度、取り付けのガタ(成型時に金型が動くがその際の摺動の余裕、成型時の温度変化による収縮の余裕)等できまる。この偏芯で面の間の傾きが生じる場合もある。しかし、傾きと偏芯では、収差に与える影響はかなり近いことと、扱う量が $\mu\text{m}$ オーダーでかなり小さいため、通常は、偏芯として一括して扱われる。この公差は、製造上必須の値である。従来のNAの低い、たとえばDVD用のレンズでは、設計的に約10ミクロン程度の偏芯があっても、収差の増加を0.02 $\lambda$ 以下に押さえる設計が可能であった。また、10ミクロンに偏芯を抑える工法が確立されている。さらに、近年の工法の改良により、例えば5 $\mu\text{m}$ 程度以下の精度を得ることも可能になっている。しかし、前記した摺動の余裕等を考えると、これを1ないし2 $\mu\text{m}$ 以下にすることは、かなり困難である。

【0021】従って、レンズ設計においてある程度の大きさの偏芯公差を確保する必要がある。そして、このためには、前記軸上収差と前記軸外収差とを犠牲にする必要がある。すなわちある程度の軸上収差および軸外収差を有するように設計することにより、偏芯が生じて結果としてレンズ性能をほぼ維持することができるレンズ

を実現することが必要である。この場合軸上収差は僅かに劣化するだけであるが、開口数が0.6を超えるような大きな開口数レンズにおいては、軸外収差をかなり犠牲にしないと、製造が可能となるミクロンオーダーの偏芯公差を確保することができない。

【0022】また、前記したように、高NA化を図るために、2群レンズを採用した場合は、狭い作動距離のために、ディスクにレンズが衝突する危険性が著しく増大する問題点がある。光ディスクに用いられている、プラスチック製のディスクの場合、ディスクのそりは不可避である。このそりの量は、DVDの場合では、0.3mm程度ある。この値は、CDの場合の0.6mmに比べて半分に改善されているが、素材の特性に起因する量なので、これ以上の改善は厳しい。ここに対して、2群レンズの作動距離は前述のように、0.13mmである。この距離はレンズの設計により変わるが、レンズの焦点距離をピックアップの大型化を招かない範囲に設定した場合は、約0.2mm以上にするのは厳しい。すなわち、レンズがディスクへ焦点を合わせる位置、すなわち記録再生動作が行われる位置にある場合、フォーカスサーボが動作していない限り、ディスクに衝突する。すなわち、フォーカスサーボが、例えばディスクのディフュクトあるいは外乱振動等に起因するアクシデントではずれた場合は、ディスクに衝突する可能性がある。

【0023】また、別の論文(C) Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 41(2002) pp. 1804-1807 G.Hashimoto et al. "Miniature Two-Axis Actuator for High-Data-Transfer-Rate Optical Storage Sytem". によれば、2群構成のNA=0.85のレンズであって、焦点距離が0.88mmと小型なレンズが報告されている。このレンズを用いれば、アクチュエーター並びにピックアップの小型化と高速化を達成することが出来る。しかしながら、記載されたレンズの作動距離は0.1mmとさらに狭くなっていて、上記した危険性がさらに上がるという問題点がある。

【0024】本発明の目的は、前記問題点を克服することであり、開口数が0.78以上の単一レンズから成り、且つ、0.3mm以下の薄い再生透過層を有する光ディスクに対応でき、400nm程度の波長の光に対して以下の特性(i)～(iv)を有する光ディスク用対物レンズを提供することである。

【0025】(i)レンズの両面間の偏芯公差が製造可能な範囲にある。

【0026】(ii)良好な軸上収差特性を有する。

【0027】(iii)軸外収差特性の劣化が少ない。

【0028】(iv)作動距離が広い。

【0029】

【課題を解決するための手段】この発明の対物レンズは、少なくとも、一つの面を非球面形状とした、開口数が0.78以上の単一レンズであって、以下の条件を満

足することを特徴とする光ディスク用対物レンズである。

【0030】

(1)  $d/f > 1.2$

(2)  $0.65 < R1/f < 0.95$

(3)  $|R1/R2| < 0.7$ 、

(4)  $n > 1.65$ 。

【0031】ここで  $f$  は当該レンズの焦点距離であり、 $d$  は当該レンズの中心厚さ、 $R1$  は、当該レンズの光源側の頂点における曲率半径、 $R2$  は当該レンズの光ディスク側の頂点における曲率半径である。

【0032】前記対物レンズは、その作動距離が0.3mm以上であることが好ましい。

【0033】また、この対物レンズと共に使用される光ディスクの透過層の厚さは、0.3mm以下であることが好ましい。

【0034】また、上述の課題を解決するために、本発明に係る光ピックアップ装置は、前記特性の少なくとも一つを有するレンズと、レーザー光源と、フォトディテクタとを有することが好ましい。

【0035】前記レンズは、前記レーザー光源から出射するレーザー光が照射されるべき光ディスクの径に応じて作動距離が次の関係を有することが好ましい。作動距離  $> 0.005 \times$  光ディスク半径

【0036】本発明に係る光ディスク記録再生装置は、前記光ピックアップ装置と、前記光ピックアップ装置を用いて光ディスクに情報を記録再生する記録再生手段とを有することが好ましい。

【0037】本発明に係る光ディスク再生装置は、前記光ピックアップ装置と、前記光ピックアップ装置を用いて光ディスクに記録されている情報を再生する再生手段とを有することが好ましい。

【0038】

【発明の実施の形態】この発明の実施形態は、以下のような考察により発明された。

【0039】すなわち前記軸上収差を改善するためには、例えば球面収差を補正するようにレンズを設計すれば良い。また軸外収差を改善するには、例えばアッペの正弦条件を満たすようにレンズを設計すれば良い。そして両面非球面レンズは、これら2つの条件を同時に満たすことができる。すなわち入射面および出射面を非球面レンズとすることにより前記2条件を同時に満たすレンズを設計することができる。

【0040】しかしこのようなレンズは、開口数が0.6以上の場合、偏芯公差を確保することが難しい。すなわち偏芯公差を考慮する場合、前記軸上収差あるいは軸外収差は、前記偏芯公差を考慮しない場合の軸外収差あるいは軸上収差から劣化する。

【0041】従って、大きな偏芯公差を確保するためには、入射面および出射面が偏芯を有する場合でも、前記

各収差が大きく増大しない非球面のレンズ形状が必要となる。換言すれば、前記軸上収差と軸外収差とを適切に劣化させて偏芯公差を確保できるバランスの良好な対物レンズを設計する必要がある。

【0042】前記考察によるこの対物レンズは、光源側及び光ディスク側の少なくとも1つの面を非球面形状とした、開口数が0.78以上の単レンズであり、以下の条件を満足する。

【0043】

(1)  $d/f > 1.2$ 、

(2)  $0.65 < R1/f < 0.95$ 、

(3)  $|R1/R2| < 0.7$ 、

(4)  $n > 1.65$ 。

【0044】ここで  $f$  は当該対物レンズの焦点距離であり、 $d$  は当該レンズの中心厚さである(図1)。また図1に示すように、 $R1$  は対物レンズ21の光源側の頂点21aにおける曲率半径であり、 $R2$  は当該レンズの光ディスク23側の頂点21bにおける曲率半径である。

【0045】この対物レンズによれば、軸上収差特性および軸外収差特性および偏芯公差(による収差増加の抑制)を同時に満足することができる。

【0046】より詳細には、前記軸上収差(波面収差)は、概略0.015λ以下とすることができ、軸外収差(波面収差)は、例えば0.5度の入射光に対して0.1λ以下とすることができる。また、偏芯公差は、例えば5μmの偏芯δ(図1)に対して波面収差を0.04λ以下とすることができる。

【0047】また後述するように、例えば  $t = 0.1$  mmのディスク読み出し層の厚さに対して、少なくとも0.2mm以上、好ましくは0.4mm以上の作動距離を確保することができる。

【0048】より詳細には、以下の通りである。

【0049】前記条件(1) ( $d/f > 1.2$ ) を充足するレンズによれば、特に、軸上収差および軸外収差を抑制しながら偏芯公差を確保することができる。この理由は、レンズの芯厚が厚いほうがレンズ第1面(入射面)の半径を比較的大きくできるからである。より詳細には、第1面の曲率半径が大きくなると、レンズの外側の端部を通る光線L(図1)の、レンズへの入射角θ(レンズ面の法線nと光線のなす角度)が小さくなり、これにより非線形現象としての屈折の効果が小さくなるからである。

【0050】なお、前記  $d/f$  は、1.5以下であることが望ましい。

【0051】これにより、軸外収差特性を良好に保持することができる。より詳細には、 $d$  が比較的小さい場合、 $R2$  が比較的大きくても作動距離を確保することができる。従って比較的容易に、正弦条件を満足することができ、軸外収差を抑制することができる。

【0052】また、前記条件(2) ( $0.65 < R1/f$

$f < 0.95$ を充足するレンズによれば、特に正弦条件の補正が容易となり、軸外収差の劣化を抑制することができる。

【0053】より詳細には、 $R1/f$ を、0.95以下に設定することにより、正弦条件の違反量を抑制し、軸外収差を良好に保持できる。

【0054】さらに詳細には以下の通りである。

【0055】前述の如く、偏芯公差を確保しながら軸上収差および軸外収差を抑制する必要があるが、この場合第1面の曲率半径 $R1$ の値を大きく設定し、両凸レンズとすることが好ましい。ここで焦点距離を一定とする場合、 $R1$ を、前記の範囲に設定することにより、 $R2$ の値も比較的小さく保持でき、結果として容易に正弦条件の違反量を抑制し、軸外収差を良好に保持できる。例えば焦点距離が2mmのレンズの場合、前記条件を満足することにより、0.5度の入射角を有する入射光に対して軸外収差（波面収差）を0.07λ以下に抑制することができる。

【0056】また、 $R1/f$ を、0.65より大きく設定することにより、光ディスク23に対する対物レンズ21の作動距離 $a$ （図1）を大きく確保することができる。

【0057】より詳細には、一般に単レンズを用いる場合光ピックアップの作動距離 $a$ は、厚さ $t$ 、屈折率 $N$ の光ディスクがある場合、以下のように表される。

【0058】

$$a = f - (f/R1) d (n-1) / n - t / N$$

【0059】ここで $n$ は対物レンズの屈折率である。従って前述のように $R1/f$ を大きく設定することにより作動距離を大きく確保することができる。例えば $t = 0.1$ のディスク読み出し層に対して0.2mm以上望ましくは0.4mm以上の作動距離を確保することができる。より詳細には例えば $n = 1.75$ 、 $f = 2$ mm、 $d = 2.6$ mm、 $t = 0.1$ mm、 $N = 1.6$ の場合、 $(R1/f)$ が0.65よりも大きい場合0.22mm以上の作動距離を確保することができる。

【0060】また前記条件（3） $(|R1/R2| < 0.7)$ を満足する対物レンズによれば、球面収差（波面収差）を前述の如く小さく抑制することができる。

【0061】より詳細には、両面球面レンズにおいて球面収差を最小にする半径の組み合わせが知られておりこのようなレンズはベストフォーム・レンズと呼ばれる。 $R1$ および $R2$ を、前記条件を満足するように設定することにより、前記ベストフォーム・レンズからの乖離を小さくし球面収差を小さくすることができる。

【0062】この実施形態の光ディスク用対物レンズはさらに、 $|R1/R2| < 0.3$ であるのが好ましい。

【0063】これにより、さらに容易に球面収差を補正し前記軸上収差及び軸外収差および偏芯公差の間のバランスを良好に保つことができる。

【0064】また前記条件（4） $n > 1.65$ を満足することにより、加工が容易である比較的浅い球面（レンズの最外周におけるレンズ表面の法線方向と光軸のなす角度 $\theta$ （図1）が小さい球面）で、大きな開口数（例えば0.78以上）を容易に実現することができる。

【0065】より詳細には、条件（4）を充足することにより、（i）軸外光線の収差特性と（ii）面間の偏芯が有る場合の収差の増大の抑制とを同時に満足することができる。定性的には、屈折率が条件（4）の範囲内に有るとき、レンズの第1面の周辺での入射角は小さく、偏芯した場合にも第2面での影響が小さい。よって、（i）軸外光線の収差特性と（ii）面間の偏芯が有る場合の収差の増大の抑制とを同時に満足することができる。

【0066】なお、屈折率 $n$ は1.7以上であることがさらに好ましい。これによりさらに浅い球面を有する対物レンズに必要な開口数を実現することができる。

【0067】この実施形態の対物レンズはさらに、以下の条件（5）を満足するのが好ましい。

【0068】（5） $-0.6 < d/R2 < 0$

【0069】これにより、軸上収差および軸外収差を前述の如く小さく抑制し、且つ、偏芯公差を前述の如く確保することができる。

【0070】より詳細には以下の通りである。

【0071】 $d/R2$ が負であることは、 $R2$ が負であることを意味しこれは対物レンズが両凸レンズであることを意味する。これにより、前記条件（2）の説明において説明したように、偏芯公差を拡大することができる。また、 $d/R2$ を、 $-0.6$ よりも大きく設定することにより、完全アプラナート形態からの乖離を小さくし、軸外収差を小さく抑制し、前記収差のバランスをすることが可能となる。

【0072】なお、前記 $d/R2$ は、 $-0.5$ 以上であるのがさらに好ましい。

【0073】この場合さらに良好な軸上収差特性および軸外収差特性および偏芯公差特性を実現することができる。

【0074】次に、上記したレンズを用いた光ピックアップ、記録装置、再生装置に関する事項の詳細な説明を記載する。

【0075】まず、レンズに求められる作動距離に関して、少なくともその作動距離がディスクの面ぶれの最大値より大きいことが望まれる。

【0076】理由は、フォーカスサーボが、例えばディスクのディフェクトあるいは外乱振動等に起因するアクシデントではずれた場合であっても、ディスクに衝突する可能性を低く押さえることが出来るためである。なおフォーカスサーボが動作していない状態においては、例えばレンズをディスクから遠ざける方向に待避しておく等の衝突回避策を取ることが出来るので、フォーカスサ

一ボ動作時の上記アクシデントが最も危険が高い状態と言える。

【0077】このとき、ディスクのそりの角度を $\alpha$ として、ディスクが単純なお椀型にそっていると考えると、ディスクの面ぶれ量 $L$ は、半径 $R$ において、 $L = R \cdot \tan(\alpha)$ となる。

【0078】ディスクのそり角は、ディスクの規格で定義されているが、CDにおいて0.6度、DVDにおいて、0.3度とされている。ディスクの面ぶれは、前述のそり形状の場合最外周で最大になるから、直径120mmのディスクにおいて、各々、0.3mmあるいは、0.6mmの面ぶれが生じる。

【0079】ところで、より高密度化を図ったシステムにおいても、ディスク素材はプラスチックであり、DVDの場合のディスクのそり角をこれ以上改善することは難しい。また、ディスクの最大の面ぶれは、半径に比例する。これより、光ピックアップ、あるいは記録再生装置で用いるディスクの最大の半径を $R$ とした場合、ディスクの面ぶれ $L$ は $L = 0.005 \cdot R$ となる。

【0080】ここで、レンズの作動距離 $dw$ は、次の式で求めることができる。

$$【0081】dw = fb - d / nd$$

【0082】ここで、 $d$ は光ディスクの厚さであり、 $nd$ は光ディスクの屈折率である。 $fb$ は、次の式で規定される。 $R1$ は、前述の式によって規定されている。

$$【0083】fb = f(1 - t(n-1)/n/R1)$$

【0084】すなわち、レンズが厚くなると、作動距離が短くなるが、レンズとして成立するためには、作動距離が有限である必要がある。したがって、レンズ厚さの上限は、作動距離が有限な値である範囲になる。この範囲は、レンズの焦点距離と、厚さと、ディスクの厚さで\*

面番号	面形状	半径	厚さ	ガラス(屈折率)	コーニック定数
1	非球面	2.0094	3.20	NBF1 (1.76898499)	-0.33260
2	非球面	-13.6662	0.71	—	28.24710
3	—	無限大	0.09	POLYCARB (1.62230752)	—
4	—	無限大	0.01	ACRYLIC (1.50650420)	—
像面	—	—	—	—	—

【0095】なお、第3面、第4面は、光ディスク23の透過層の各表面を意味する(図1参照)。又、半径、厚さの単位はmmである。

【0096】また、前記第1面、第2面の非球面係数は、それぞれ表3、表4に示す通りである。

【0097】

【表3】

\*決まる。

【0085】レンズの厚さの範囲は、例えば2mm以上、3.5mm以下に設定することができる。

【0086】ここにおいて、好ましくは、作動距離 $dw$ は、前述したディスクの最大の面ぶれ量 $L$ より大きく定める。

$$【0087】dw > L$$

$$> 0.005 \cdot R$$

【0088】したがって、例えば記録再生機で扱うディスクの最大半径が60mmの時は、作動距離が0.3mm以上、25mmの時は、作動距離が0.125mm以上、40mmの時は、作動距離が0.1mm以上であることが好ましい。

【0089】ここで本願によれば前記したように、作動距離 $a$ を2群構成のレンズに比べて、大きくすることが出来る。

【0090】以下この実施形態の実施例を示す。

【0091】<実施例1>この対物レンズの仕様は、表1に示す通りである。

【0092】

【表1】

設計波長	405nm
NA	0.8
焦点距離	2.5mm
入射瞳直径	4mm

【0093】またこの対物レンズの設計値は表2に示す通りである。

【0094】

【表2】

第1面の非球面係数

$r$ の4乗の係数	-0.0012822
$r$ の6乗の係数	-0.00045473
$r$ の8乗の係数	4.0381e-6
$r$ の10乗の係数	-1.1631e-6
$r$ の12乗の係数	-7.8205e-6

【0098】ここで例えば $e-6$ は、 $10^{-6}$ を意味する。

50 【0099】

【表4】

第2面の非球面係数

rの4乗の係数	0.085102
rの6乗の係数	-0.11178
rの8乗の係数	0.071686
rの10乗の係数	-0.017766

【0100】図2は、実施例1の縦収差図であり、図3は、非点収差図である。

【0101】この実施例1の対物レンズによれば、軸上での波面収差は0.01λと小さく実用上、無収差と言える。また光軸に対して0.5度の入射角を有する軸外\*

\*入射光線に対する波面収差は0.056λであり同様に良好な特性を示す。さらに、面間の偏芯については、偏芯量が5μmのときの波面収差は0.030λであり多少の収差の増加は見られるが実用上問題はない。すなわち、この対物レンズは十分に量産に耐え得る製造公差を有する。また作動距離は0.71mmであり、充分大きな値を有する。

【0102】<実施例2>この対物レンズの仕様は、表5に示す通りである。

【0103】

【表5】

設計波長	405nm
NA	0.85
焦点距離	2.20mm
入射径直径	3.74mm

【0104】またこの対物レンズの設計値は表6に示す通りである。 ※【0105】

※20 【表6】

面番号	面形状	半径	厚さ	ガラス(屈折率)	コーニック定数
1	非球面	1.8121	3.10	NBF1 (1.76898499)	-0.33718
2	非球面	-6.5076	0.41	—	-845.6516
3	—	無限大	0.09	POLYCARB (1.62230752)	—
4	—	無限大	0.01	ACRYLIC (1.50650420)	—
像面	—	—	—	—	—

【0106】なお、第3面、第4面は、光ディスク23の透過層の各表面を意味する(図1)。又、半径、厚さの単位はmmである。

【0107】また、前記第1面、第2面の非球面係数は、それぞれ表7、表8に示す通りである。

【0108】

【表7】

第1面の非球面係数

rの4乗の係数	-0.00092007
rの6乗の係数	-0.00025707
rの8乗の係数	-0.00057872
rの10乗の係数	0.00022228
rの12乗の係数	-5.6788e-5

【0109】

【表8】

第2面の非球面係数

rの4乗の係数	0.061449
rの6乗の係数	-0.13996
rの8乗の係数	0.12867
rの10乗の係数	-0.043733

【0110】図4は、実施例2の縦収差図であり、図5は、非点収差図である。

【0111】実施例2の対物レンズによれば、軸上波面収差は0.006λでありほぼ無収差と言える。また0.5度の入射角を有する軸外入射光線に対する軸外波面収差は、0.007λであり実用上良好な特性を有する。なお軸外波面収差が実施例1のそれよりも若干大きいのは、実施例2の開口数(0.85)が実施例1のそれ(0.8)よりも大きいためである。

【0112】また面間の偏芯量(偏芯公差)については、偏芯量が5μmのとき波面収差は0.036λである。従ってこの対物レンズも量産に耐え得る製造公差を有する。またこの対物レンズの作動距離は、0.41m

50 mであり実用上充分広い値を有する。

【0113】＜実施例3＞図6は、実施例3の対物レンズの断面図である。

【0114】対物レンズ11に入射した光束は、第1面1と第2面2で屈折し、光ディスク21の第3面3と\*

\*透過層を透過して信号記録面に集光される。

【0115】レンズ仕様は、表9の通りである。

【0116】

【表9】

使用波長	0.405 $\mu$ m
開口数	0.85
焦点距離	0.88 mm
入射径直径	1.495 mm
ディスク厚さ	0.1 mm
結像倍率	0

【0117】レンズの設計値は、表10の通りである。 ※【表10】

【0118】

※

面番号	面形状	半径	厚さ	屈折率	コーニック定数
1	非球面	0.73	1.26	1.750	-0.9974081
2	非球面	-1.791429	0.173565	1	-189.377
3	-	無限大	0.1	1.62230752	-
像面					

【0119】第1面の非球面係数は、表11の通りである。 20 ★【0120】

★ 【表11】

rの4乗の係数	0.19868545
rの6乗の係数	-0.0061548457
rの8乗の係数	0.80023921
rの10乗の係数	-2.8911336
rの12乗の係数	5.5467879
rの14乗の係数	-4.4427687

【0121】第2面の非球面係数は、表12の通りである。 ☆【0122】

☆30 【表12】

rの4乗の係数	1.5351846
rの6乗の係数	-14.829258
rの8乗の係数	39.428793
rの10乗の係数	126.25085
rの12乗の係数	-558.31863

【0123】このレンズにおいては、軸上での波面収差は、0.002  $\lambda$ と小さく、実用上は無収差と言える値である。軸外0.5度の入射光線に対する波面収差は、0.008  $\lambda$ と良好な特性を示している。さらに、製造工程で重要な面間の偏芯に関しては、偏芯が3  $\mu$ mの時、波面収差0.037  $\lambda$ と非常に良好な値を有している。

【0124】図7は縦収差図であり、図8は正弦条件不満足量を示す図であり、図9は非点収差図である。

【0125】また、作動距離は、0.1735 mmであり、半径25 mmのディスクを用いた場合の好ましい作動距離である、0.125 mmより充分広がっている。

【0126】次に、光ピックアップ装置の実施例を図1

0をもって説明する。光ピックアップ装置30は、レーザー光源である青色レーザーダイオード(LD)31と、ビームスプリッタ32と、対物レンズ33と、フォトディテクタ(PD)及び電流電圧変換器(I-V)34とを有している。

【0127】青色LD31は、例えば約405 nmの青色光(レーザー光)を発する。ビームスプリッタ32は、青色LD32から光ディスク35に向かう光と、光ディスク35からPD及びI-V34に向かう光を分離する。対物レンズ33は、前述の実施例に示したものをを用いる。PD及びI-V34は、入射した光を電流に変換し、さらにこの電流を電圧に変換して出力する。

【0128】光ピックアップ装置30は、光ディスク35に信号(情報)を記録することができる。すなわち、



青色LD31は、入力される記録信号によって変調された青色光を発する。この青色光は、ビームスプリッタ32と対物レンズ33を介して光ディスク35に集光される。光ディスク35においては、光ピックアップ装置30から照射されたレーザー光の強さによって信号記録面に情報信号が記録される。例えば、光ディスク35のランド又はグルーブに、ビット又は相変化によって信号を記録する。

【0129】また、光ピックアップ装置30は、光ディスク35から信号を再生することができる。すなわち、青色LD31から発した所定の強さの光は、ビームスプリッタ32と対物レンズ33を介して光ディスク35の信号記録面に集光される。光ディスク35からの反射光は、対物レンズ33とビームスプリッタ32を介してPD及びI-V34に入力され、電圧に変換される。このように、例えば光ディスク35の信号記録面のランド又はグルーブにビットとして記録された信号は、電圧として出力される。

【0130】次に、光ディスク記録再生装置又は光ディスク再生装置の実施例を図11をもって説明する。

【0131】光ディスク記録再生装置は、PRML (Partial Response Maxim likelihood) ブロック50と、コントローラブロック60と、記録補償ブロック70とを有している。また、光ディスク記録再生装置は、前述の光ピックアップ装置30を有している。

【0132】PRMLブロック50は、A/D変換器51と、デジタル等化器52と、タップ係数制御器53と、フェーズシフタ54と、PLL55と、ビタビ検出器56とを有している。コントローラブロック60は、1-7RL (Run Length Limited) 処理部61を有している。さらにこの例では、信号変調方式に1-7RL (Run Length Limit) を用いている。

【0133】PRMLブロック50は、光ピックアップ30から前置増幅器を介して信号が入力され、PRML信号処理を施す。コントローラブロック60は、PRMLブロック50のビタビ復号器56から信号が入力され、1-7RL処理部61によって処理を行う。記録補償ブロック70は、コントローラブロック60から信号が入力され、この信号に応じてLD駆動部を介して光ピックアップ装置30の青色LD31を駆動制御する。

【0134】このように、光ディスク記録再生装置は、

光ディスク35から光ピックアップ装置30で読み出した信号に対して所定の復号を施して復調して出力することによって再生する。また、入力された信号に所定の符号化を施して変調し、光ピックアップ30を介して光ディスク35に書き込むことによって記録する。なお、光ディスク記録再生装置の有する記録ブロックを設けない光ディスク再生装置として構成することもできる。また、上記したビームスプリッタの一例として、偏光ビームスプリッタを用いることができる。

10 【0135】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、開口数が0.78以上の単一レンズから成り、且つ、0.3mm以下の薄い再生透過層を有する光ディスクに対応でき、400nm程度の波長の光に対して、偏芯公差が製造可能な範囲にあり、良好な軸上収差特性・軸外収差特性を有し、作動距離が広い対物レンズ及びこの対物レンズを用いた光ピックアップ装置、この光ピックアップ装置を用いた光ディスク記録再生装置、光ディスク再生装置を提供することができる。

20 【0136】またさらに、使用するディスクの最大半径に応じて、充分に広い作動距離を有する光ピックアップないし光ディスク記録再生装置及び再生装置を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態の対物レンズのパラメータを説明する説明図である。

【図2】図2は、実施例1の縦収差図である。

【図3】図3は、実施例1の非点収差図である。

【図4】図4は、実施例2の縦収差図である。

30 【図5】図5は、実施例2の非点収差図である。

【図6】図6は、実施例3の対物レンズの断面図である。

【図7】図7は、実施例3の縦収差図である。

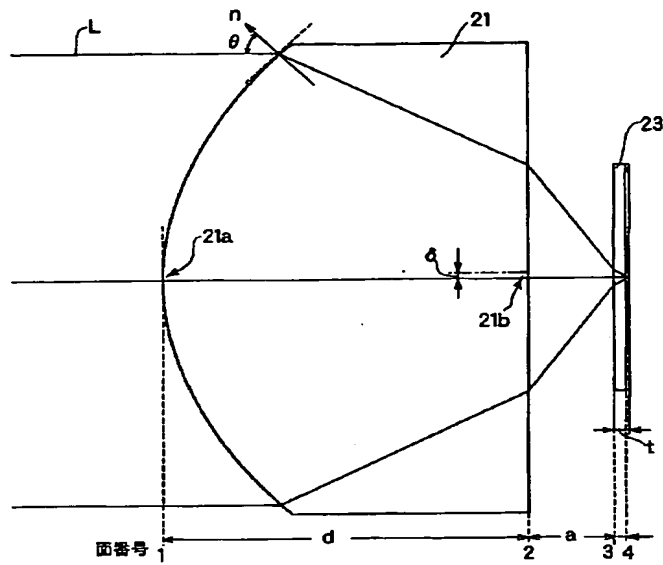
【図8】図8は、実施例3の正弦条件不満足量を示す図である。

【図9】図9は、実施例3の非点収差を示す図である。

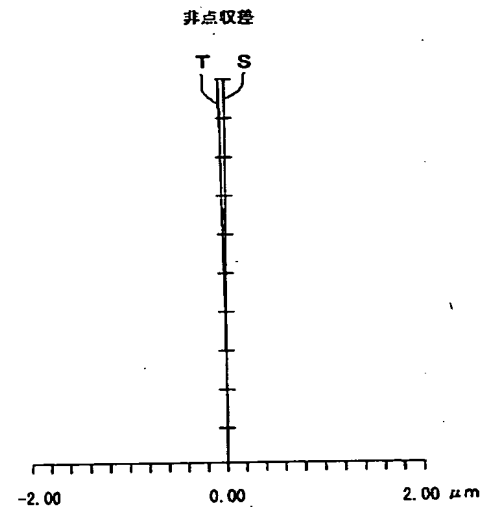
【図10】図10は、光ピックアップ装置の実施例を示す図である。

40 【図11】図11は、光ディスク記録再生装置の実施例を示す図である。

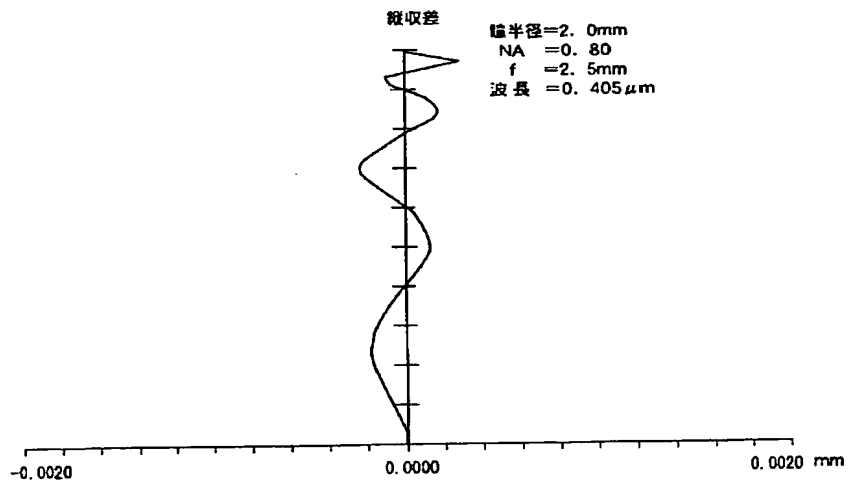
【図1】



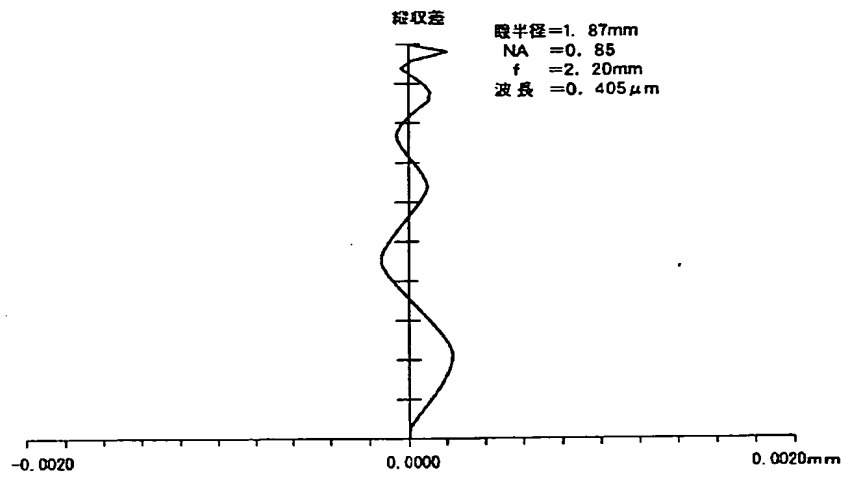
【図3】



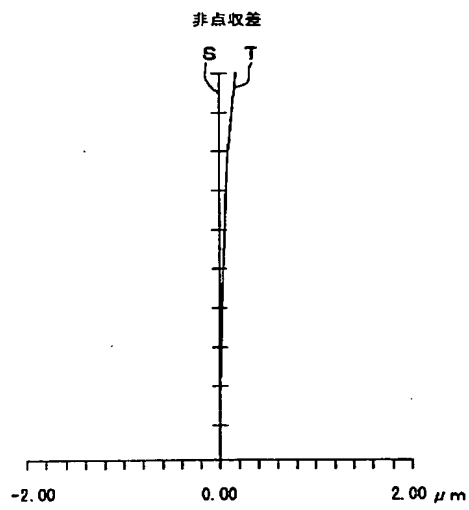
【図2】



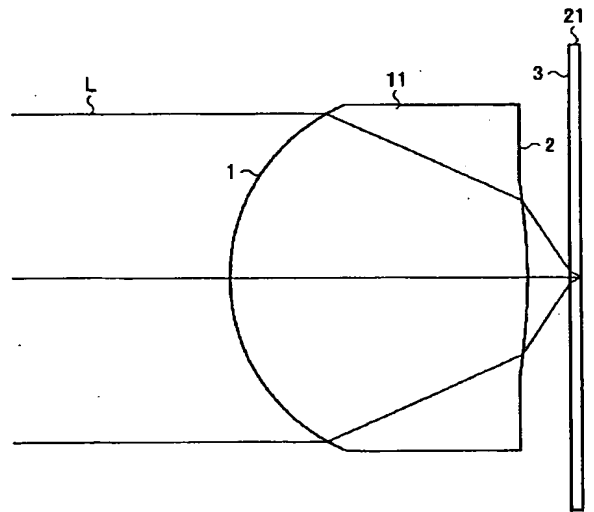
【図4】



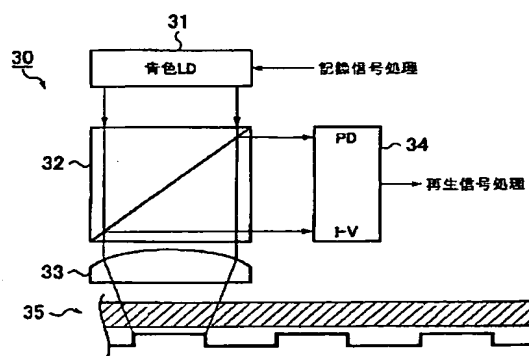
【図5】



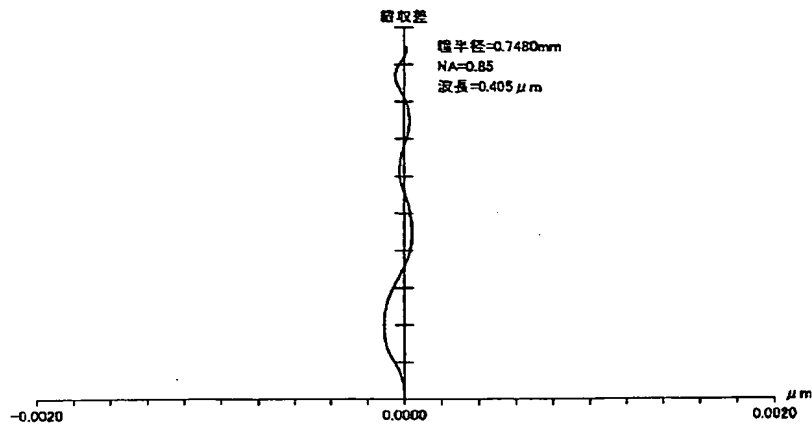
【図6】



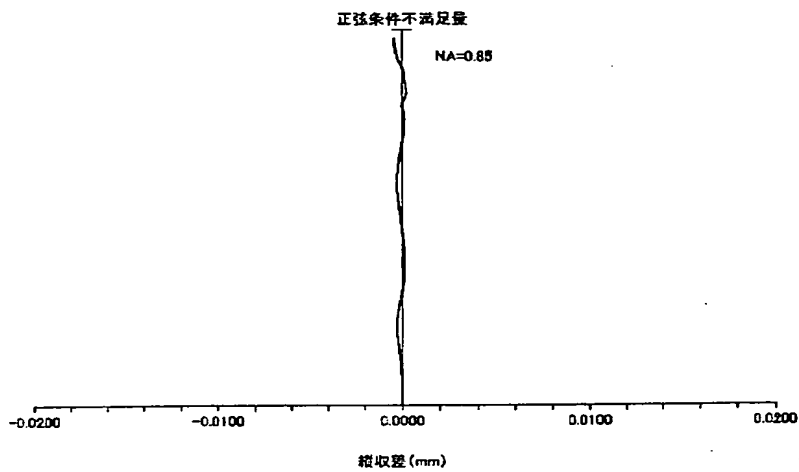
【図10】



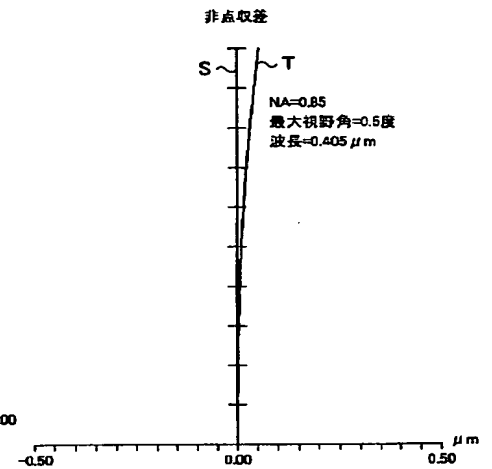
【図7】



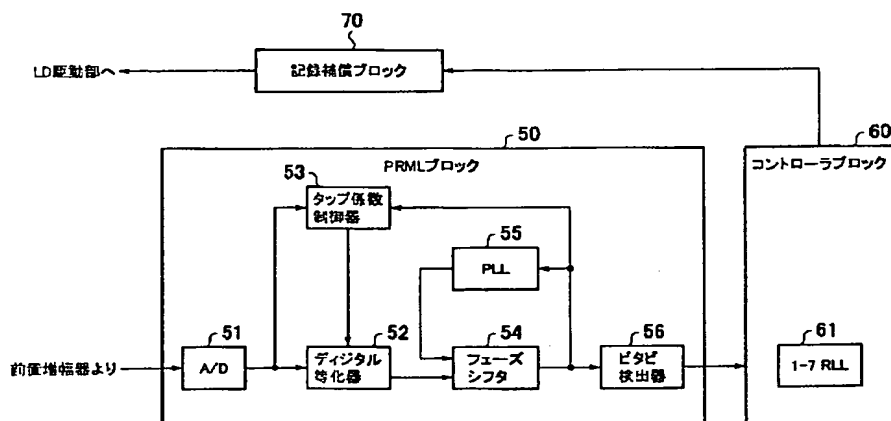
【図8】



【図9】



【図11】



## フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA13 LA01 PA01 PA17 PB01  
QA02 QA07 QA14 QA34 RA05  
RA12 RA13 RA45  
5D119 AA11 AA22 AA31 AA32 BA01  
BB01 BB02 BB03 DA01 DA05  
EB02 EC01 FA05 JA11 JA44  
JB01 JB02 JB03 JB06 JB10  
5D789 AA11 AA22 AA31 AA32 BA01  
BB01 BB02 BB03 DA01 DA05  
EB02 EC01 FA05 JA11 JA44  
JB01 JB02 JB03 JB06 JB10